

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

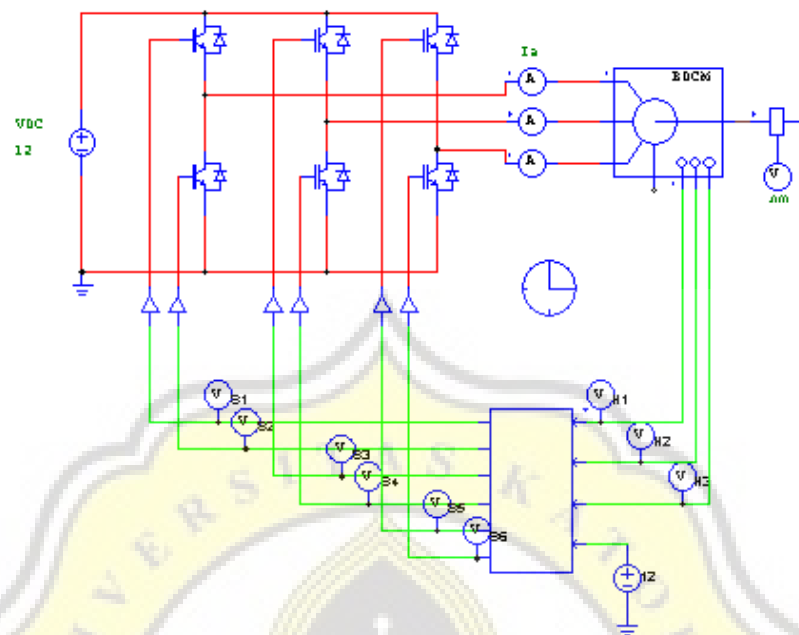
4.1 Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil penelitian dan analisa tentang pengujian Tugas Akhir. Pengujian alat dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Elektro gedung Albertus, Unika Soegijapranata. Pada Tugas Akhir ini akan dianalisa mengenai pengaturan kecepatan putar pada Motor *Brushless Direct Current*, dan juga akan diuraikan hasil pengujian pada *software* simulasi dan realisasi alat, serta pembahasan.

4.2 Simulasi Power Simulator (PSIM)

Power Simulator adalah software yang digunakan untuk mensimulasikan berbagai macam karakteristik elektronika dan sistem tenaga listrik, berupa aplikasi yang dijalankan pada *Operator System Windows* dan sebagainya. Simulasi menggunakan *software* ini digunakan sebagai acuan dan referensi proses dan sinyal keluaran yang harus dicapai pada setiap tahap rangkaian, sehingga gambaran hasil yang mendekati kondisi nyata. Rangkaian pada simulasi menggunakan komponen C-block sebagai pengganti dsPIC30F4012 yang berfungsi sebagai input program kontroler. Berikut adalah skema rangkaian penggerak Motor BLDC pada *Power Simulator*.

Brushless DC Motor Drive 3-phase



Gambar 4.1 Skema rangkaian Motor BLDC pada simulasi PSIM

Skema simulasi rangkaian Motor BLDC diatas mendekati kondisi sesungguhnya. Pada simulasi ini, untuk menggerakkan motor BLDC digunakan program yang di masukkan ke dalam C-block. Program pada C-block menggunakan Bahasa pemrograman C sama seperti mikrokontroler sehingga cukup mudah untuk dipelajari. Berikut listing program pada C-Block :

```
//Deklarasi
static double H1,H2,H3,V,S1,S2,S3,S4,S5,S6,car;
```

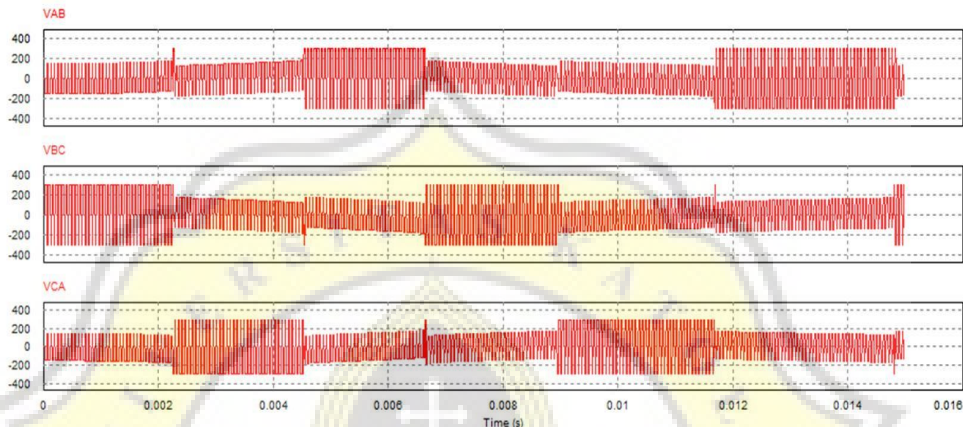
```
//Input
V=in[3];
H1=in[0];
H2=in[1];
H3=in[2];
```

```
//Eksekusi program
out[0]=S1;
out[1]=S2;
out[2]=S3;
out[3]=S4;
out[4]=S5;
out[5]=S6;
```

```
//Output
car=car+2;
if(car<12)
    car=car;
else
    car=0;
```

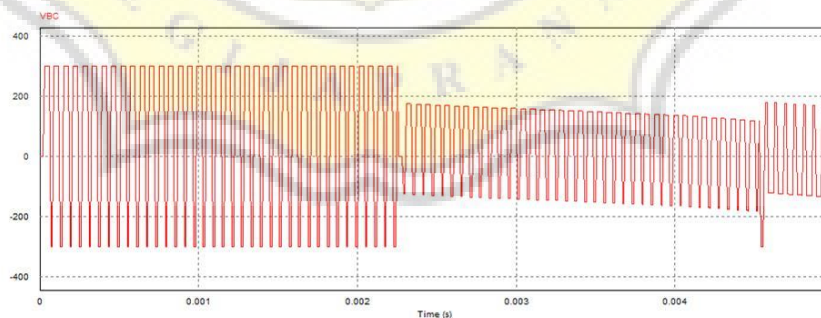
```
if(V>car)
{
    S1=H1;
    S2=-1*H1;
    S3=H2;
    S4=-1*H2;
    S5=H3;
    S6=-1*H3;
}
else
{
    S1=-1*H1;
    S2=H1;
    S3=-1*H2;
    S4=H2;
    S5=-1*H3;
    S6=H3;
}
}
```

Pengaturan kecepatan motor BLDC pada simulasi ini menggunakan sumber DC yang diatur secara manual menggunakan potensio, sehingga dapat mempengaruhi keluaran pada motor BLDC di simulasi. Pada simulasi ini dapat diambil beberapa data sebagai acuan dan sebagai perbandingan :



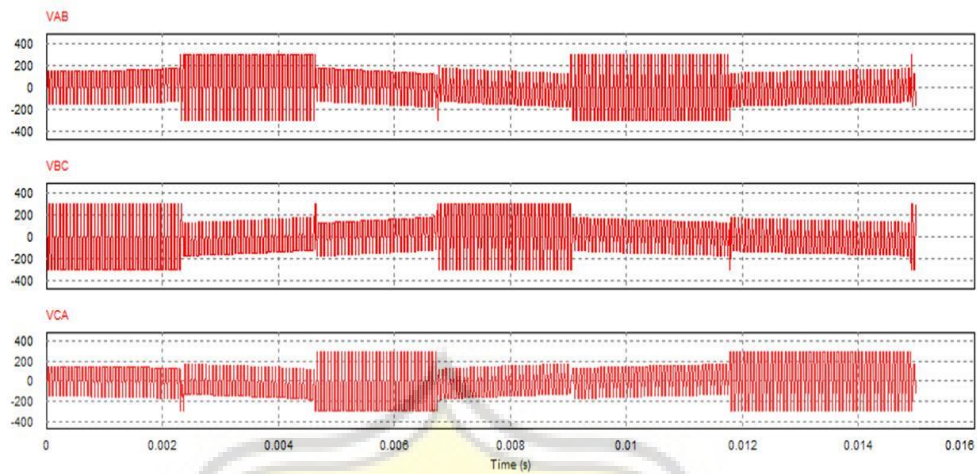
Gambar 4.2 Sinyal keluaran Vab, Vbc, Vca pada kecepatan A

Gambar diatas merupakan hasil keluaran tegangan tiap fasa pada kecepatan 'A', dari hasil sinyal pada simulasi tersebut dapat di perbesar sebagai berikut :



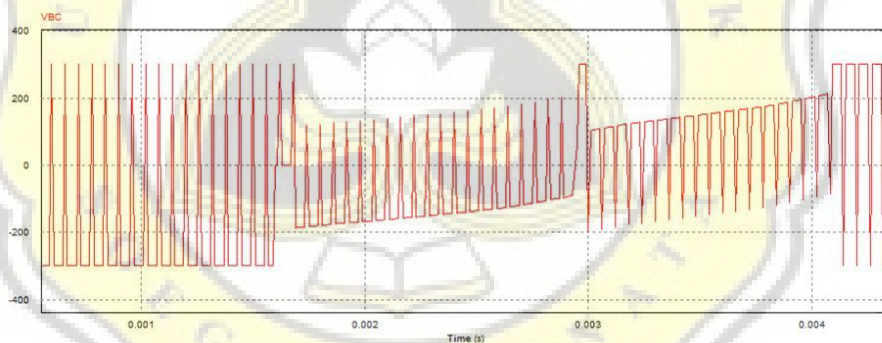
Gambar 4.3 Sinyal pada kecepatan 'A' jika d perbesar

Pada gambar sinyal diatas terlihat *duty cycle* positif pada fasa motor BLDC kecil sehingga tampak berhimpitan yang menandakan motor berputar dengan kecepatan lambat.



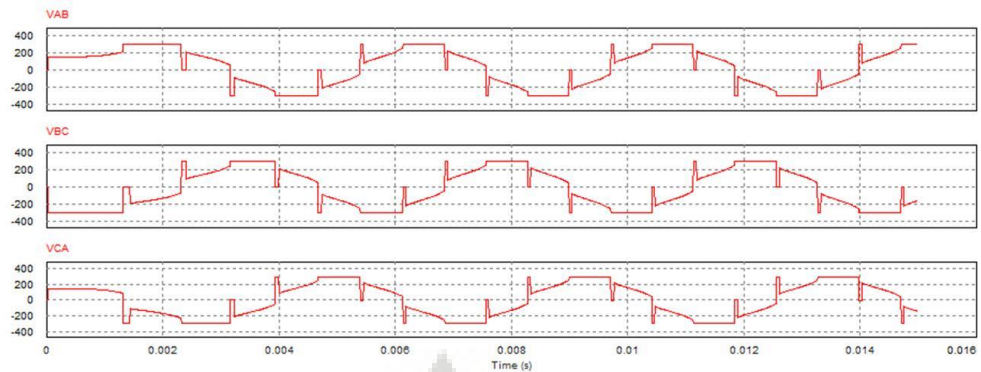
Gambar 4.4 Sinyal keluaran Vab, Vbc, Vca pada kecepatan B

Gambar diatas merupakan hasil keluaran tegangan tiap fasa pada kecepatan ‘B’, dari sinyal simulasi tersebut dapat diperbesar seperti berikut :



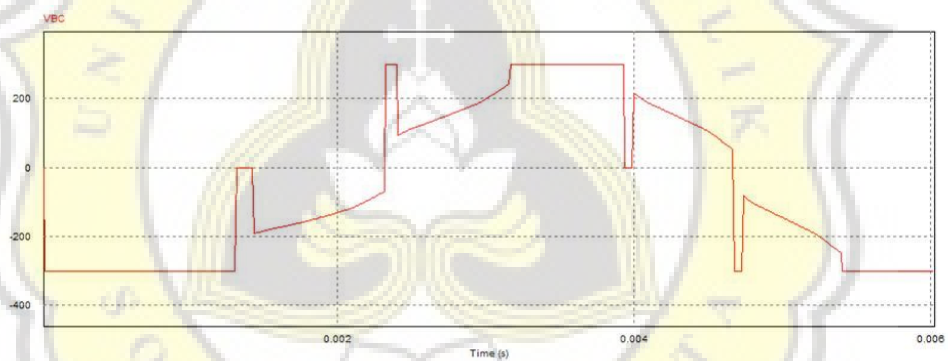
Gambar 4.5 Sinyal pada kecepatan ‘B’ jika diperbesar

Pada gambar diatas terlihat *duty cycle* positif pada motor BLDC berukuran sedang sehingga *duty cycle* terlihat sedikit renggang di bandingkan pada saat kecepatan ‘A’, hal ini menandakan motor BLDC berputar dengan kecepatan sedang.



Gambar 4.6 Sinyal keluaran V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} pada kecepatan C

Gambar diatas merupakan sinyal keluaran pada V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} pada kecepatan penuh. Dari sinyal tersebut dapat diperbesar sebagai berikut :

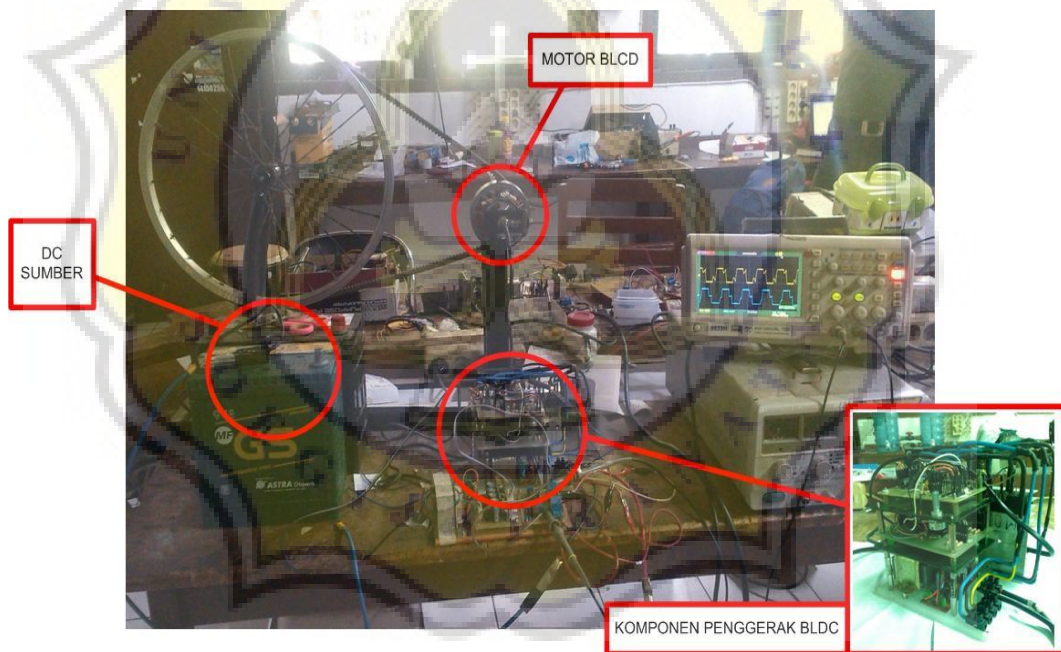


Gambar 4.7 Sinyal pada kecepatan 'C' jika diperbesar

Pada gambar diatas duty cycle terlihat lebar dan tegangan yang lewat pada fasa memiliki hambatan yang sedikit dibandingkan dengan kecepatan 'A' dan 'B', sehingga motor BLDC berputar dengan kecepatan penuh.

4.3 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan sebagai analisa serta pembandingan antara pemodelan simulasi yang telah dilakukan dan implementasi secara riil. Pengujian pada alat Tugas Akhir ini dilakukan secara bertahap. Mulai dari arus sumber hingga rangkaian pada masing-masing fasa. Desain dan implementasi motor BLDC yang telah dikerjakan terdiri dari inverter tiga fasa, mikrkontrol dsPIC30F4012, rangkaian driver dan catudaya, serta potensio yang digunakan sebagai pengatur kecepatan.



Gambar 4.8 Realisasi Tugas Akhir

Sebelumnya dilakukan pengecekan pada motor BLDC apakah motor dapat berputar dengan benar atau tidak, dengan cara mengecek satu-persatu fasa berupa kabel pada motor BLDC berwarna *Kuning, Hijau, Biru* yang disambungkan dengan sumber daya berupa Aki dan indikator berupa 3 buah LED yang dihubungkan pada tiap fasanya.

Pertama-tama dilakukan dengan menyambung kabel fasa ke sumber pada aki, LED yang menyala (I) menandakan fasa yang aktif, sedangkan LED yang mati (O) menandakan fasa yang tidak aktif, pengecekan dilakukan sesuai dengan yang dibutuhkan sesuai dengan tabel. Berikut hasil pengecekan :

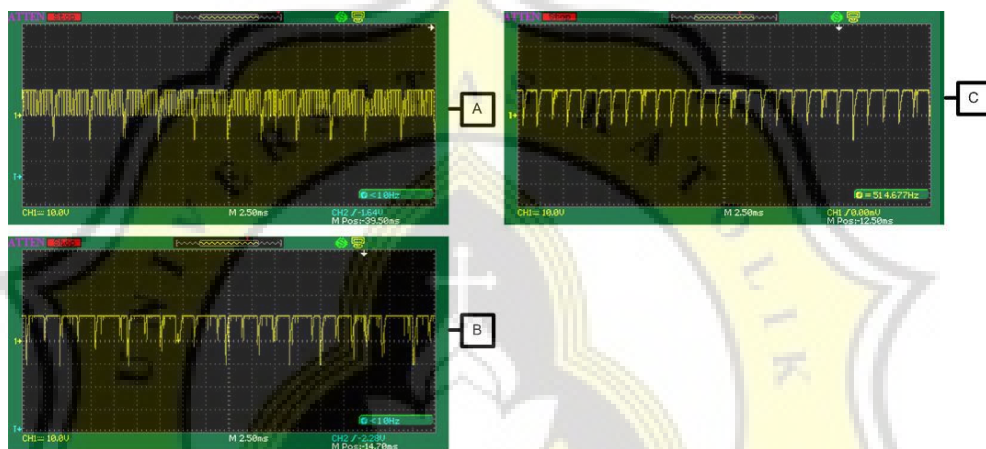
Tabel 4.1 Hasil pengecekan rotasi motor BLDC

No	accu		LED			Arah
	Positif (+)	Negatif (-)	Kuning	Hijau	Biru	
1	B	K	0	I	I	KIRI
2	B	H	0	0	I	
3	K	H	I	0	I	KIRI
4	K	B	I	0	0	
5	H	B	I	I	0	KIRI
6	H	K	0	I	0	

Kemudian dilakukan pemrograman terlebih dahulu, Pengaturan kecepatan pada putaran motor *Brushless DC* ini dilakukan secara manual menggunakan potensiometer, yang disambungkan pada masukan positif (+), negatif (-) dan RE di PORTC pada mikrokontroler. Pada pengujian ini diambil 3 sample tahap pada pengendalian kecepatan motor *Brushless DC* tersebut, antara lain pada kecepatan A atau kecepatan 1, yaitu pada posisi potensiometer berada 1/3 dari posisi kecepatan penuh/*full speed*, B atau kecepatan 2 yaitu pada posisi potensiometer berada 2/3 dari

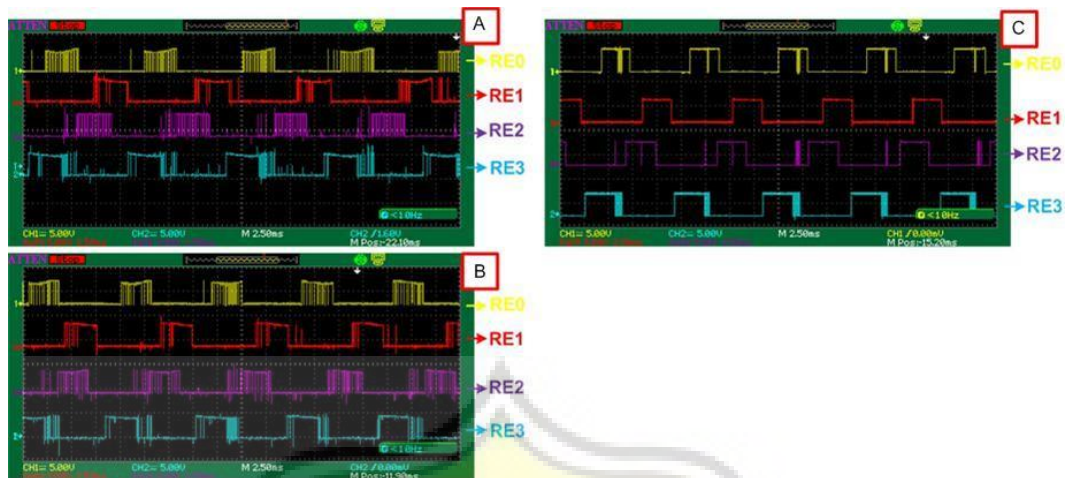
posisi kecepatan penuh/*full speed*, dan C atau kecepatan 3 yaitu pada saat posisi potensiometer berada dalam kecepatan penuh/*full speed*.

Dari teori di atas bisa didapatkan perbandingan hasil pada masing-masing pengujian antara kecepatan A, B, dan C sebagai berikut :



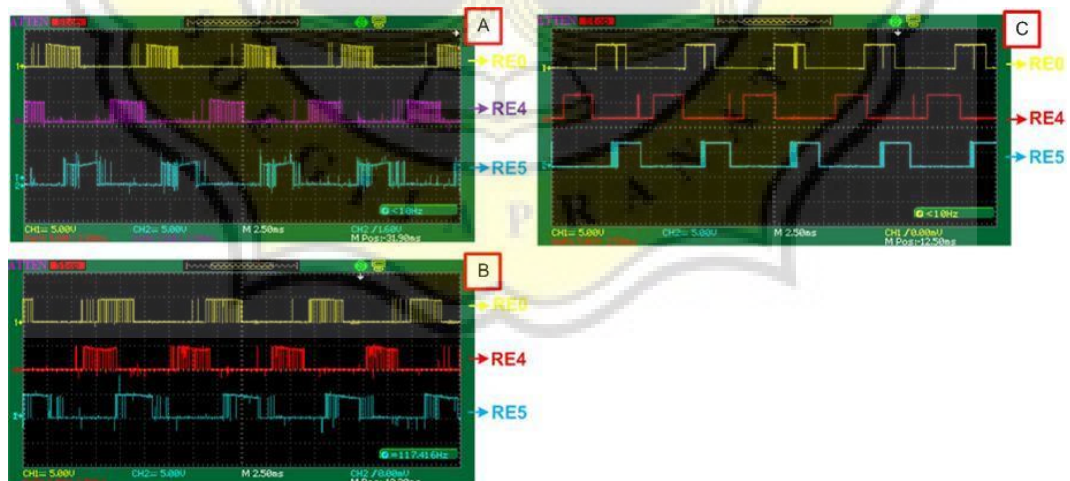
Gambar 4.9 Perbandingan hasil keluaran arus DC saat start pada kecepatan A,B,C

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat perbandingan arus yang keluar dari sumber DC saat *Motor Brushless DC* berputar, pada Gambar 4.9 A merupakan hasil keluaran arus DC pada kecepatan 1 atau 1/3 dari kecepatan penuh, Gambar 4.9 B merupakan hasil keluaran arus DC pada kecepatan 2 atau 2/3 dari kecepatan penuh, Gambar 4.9 C merupakan keluaran sinyal arus DC pada saat motor berputar dengan kecepatan penuh. Semakin tinggi kecepatan putar pada Motor maka riak pada arus akan terlihat semakin sedikit, berarti hambatan pada motor sedikit.



Gambar 4.10 Hasil keluaran sinyal PWM RE0,RE1,RE2,RE3 pada kecepatan A,B,C

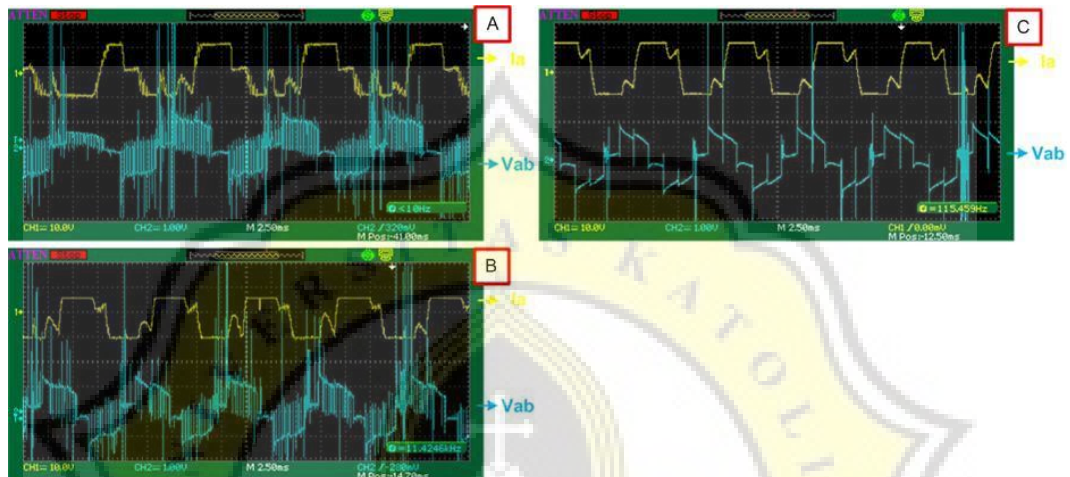
Gambar 4.10 A merupakan hasil keluaran sinyal RE0 sampai dengan RE3 pada kecepatan 1 atau 1/3 kecepatan, Gambar 4.10 B merupakan hasil keluaran sinyal RE0-RE3 pada kecepatan 2 atau 2/3 kecepatan, Gambar 4.10 C merupakan hasil keluaran sinyal RE0-RE3 pada kecepatan penuh.



Gambar 4.11 Hasil keluaran sinyal PWM RE0,RE4,RE5 pada kecepatan A, B, C

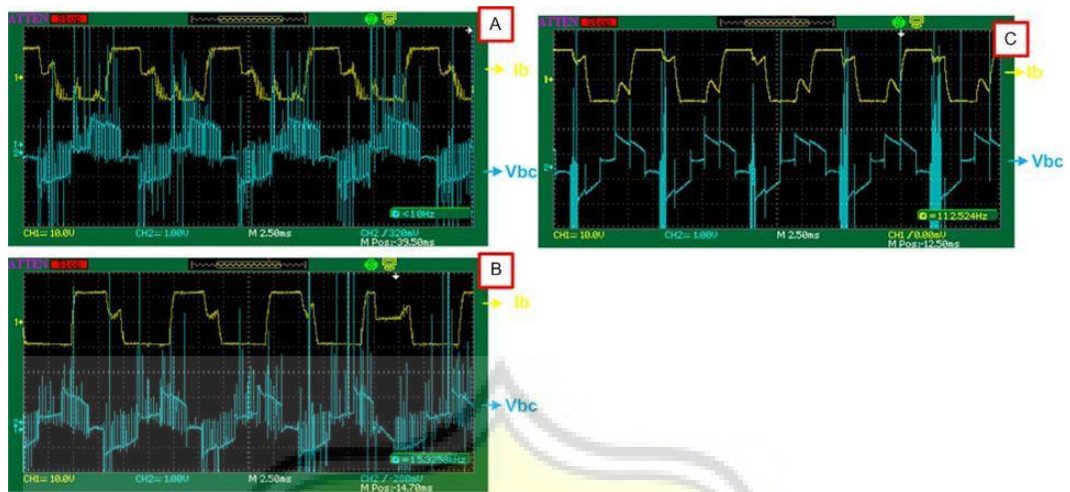
Pada Gambar 4.11 A adalah hasil keluaran sinyal PWM pada RE0, RE4, RE5 pada kecepatan 1 atau 1/3 kecepatan,

Gambar 4.11 B adalah hasil keluaran sinyal pada RE0, RE4, RE5 pada kecepatan 2 atau 2/3 kecepatan, Gambar 4.11 C adalah hasil sinyal keluaran RE0, RE4, RE5 pada kecepatan penuh.



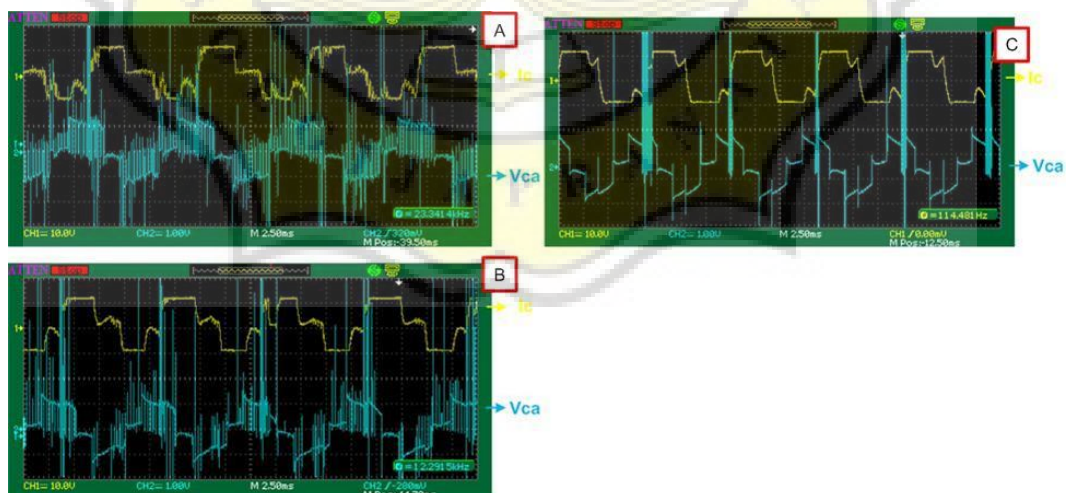
Gambar 4.12 Sinyal arus (I_a) dan tegangan (V_{ab}) pada kecepatan A,B,C

Pada Gambar 4.12 A adalah hasil sinyal arus (I_a) dan tegangan (V_{ab}) dari keluaran inverter yang diukur pada kecepatan 1 atau 1/3 kecepatan, Gambar 4.12 B adalah hasil keluaran sinyal arus (I_a) dan tegangan (V_{ab}) pada kecepatan 2 atau 2/3 kecepatan, Gambar 4.12 C adalah hasil sinyal keluaran arus (I_a) dan tegangan (V_{ab}) pada kecepatan penuh.



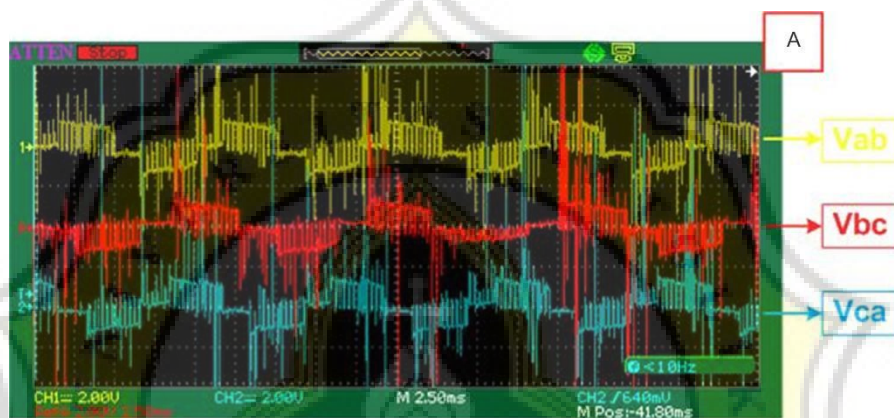
Gambar 4.13 Sinyal arus (I_b) dan tegangan (V_{bc}) pada kecepatan A,B,C

Pada Gambar 4.13 A adalah hasil keluaran sinyal arus (I_b) dan tegangan (V_{bc}) pada kecepatan 1 atau 1/3 kecepatan, Gambar 4.13 B adalah hasil keluaran sinyal arus (I_b) dan tegangan (V_{bc}) pada kecepatan 2 atau 2/3 kecepatan, Gambar 4.13 C adalah hasil sinyal keluaran arus (I_b) dan tegangan (V_{bc}) pada kecepatan penuh.



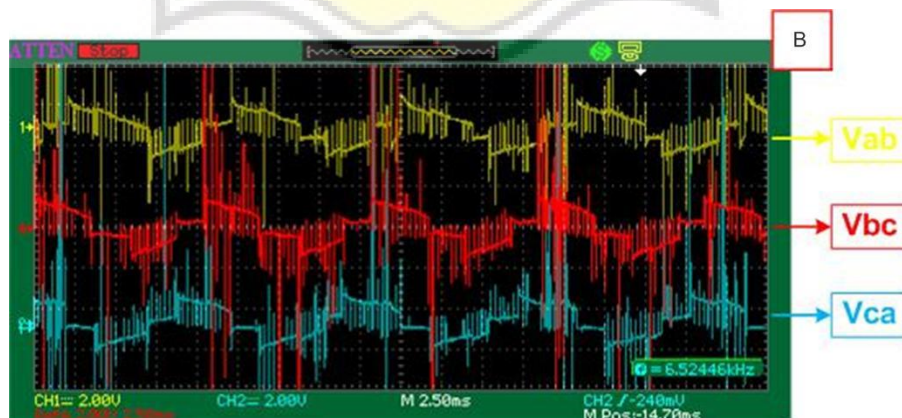
Gambar 4.14 Sinyal arus (I_c) dan tegangan (V_{ca}) pada kecepatan A,B,C

Pada gambar 4.14 A adalah hasil keluaran sinyal arus (I_c) dan tegangan (V_{ca}) pada kecepatan 1 atau 1/3 kecepatan, Gambar 4.14 B adalah hasil keluaran sinyal arus (I_c) dan tegangan (V_{ca}) pada kecepatan 2 atau 2/3 kecepatan, Gambar 4.14 C adalah hasil sinyal keluaran arus (I_c) dan tegangan (V_{ca}) pada kecepatan penuh.



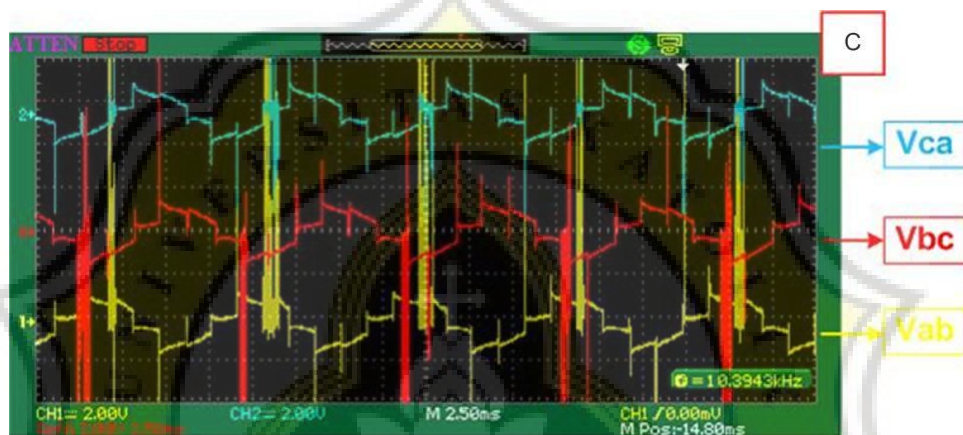
Gambar 4.15 Sinyal keluaran V_{ab} , V_{bc} , dan V_{ca} pada kecepatan A

Pada Gambar 4.15 adalah hasil sinyal keluaran tegangan saat kecepatan 'A' ini terlihat hasil sinyal V_{ab} , V_{bc} , dan V_{ca} yang memiliki banyak 'riak', ini menandakan tegangan yang mengalir pada motor terhalang oleh resistansi yang besar sehingga memperlambat laju putar motor BLDC.



Gambar 4.16 Sinyal keluaran V_{ab} , V_{bc} , dan V_{ca} pada kecepatan B

Pada Gambar 4.16 adalah hasil sinyal keluaran tegangan saat kecepatan 'B' terlihat hasil sinyal V_{ab} , V_{bc} , dan V_{ca} yang memiliki riak yang terlihat lebih sedikit dari kecepatan 'A', hal ini menandakan tegangan yang mengalir ke motor memiliki resistansi yang sedang sehingga motor berputar dengan kecepatan sedang.



Gambar 4.17 Sinyal keluaran V_{ca} , V_{bc} , dan V_{ab} pada kecepatan C

Pada Gambar 4.17 adalah hasil sinyal keluaran tegangan V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} pada kecepatan C, yaitu kecepatan penuh. Dimana hambatan pada motor BLDC hampir tidak ada sehingga sinyal yang keluar akan jauh lebih halus dibanding kecepatan 'A' atau 'B'.

4.4 Pembahasan

Dari hasil pengujian simulasi dan implementasi yang telah dilakukan di laboratorium Fakultas Elektro UNIKA Soegijapranata, simulasi dilakukan menggunakan *software* PSIM. Hasil pada simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil pada implementasi Tugas Akhir, pada Gambar 4.2, Gambar 4.4, dan gambar 4.6 merupakan hasil keluaran sinyal pada inverter yang ter-PWM pada saat kecepatan motor di ubah, terlihat perbandingan pada *duty cycle* yang berbeda-beda, sama halnya dengan hasil sinyal keluaran pada saat implementasi alat Tugas Akhir yang terlihat pada Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17. pada gambar tersebut terlihat *duty cycle* pada tiap fasanya berbeda hal ini dikarenakan oleh pengaturan kecepatan motor yang terprogram pada *dsPIC30F4012* sehingga jika *duty cycle* diubah maka kecepatan pada motor BLDC juga berubah sesuai *duty cycle* nya. *dsPIC30F4012* juga memiliki fungsi penting dalam pengolahan data sampai menghasilkan sinyal PWM yang berfungsi sebagai kendali *switching* MOSFET.

Dengan demikian dapat disimpulkan perancangan alat Tugas Akhir pengendalian kecepatan Motor BLDC bekerja dengan baik yang dapat dilihat dari bentuk gelombang pada hasil simulasi dan realisasi pada alat Tugas Akhir. Pada alat Tugas Akhir ini sinyal referensi diolah menggunakan *microcontroller* *dsPIC30F4012* dengan metode variabel kecepatan yang telah terprogram dalam kontrol dan menghasilkan sinyal PWM yang diteruskan ke driver sehingga menjadi pengatur *switching* pada MOSFET, alat Tugas Akhir ini memiliki keluaran yang hampir sama dengan simulasi yang dibuat menggunakan PSIM.